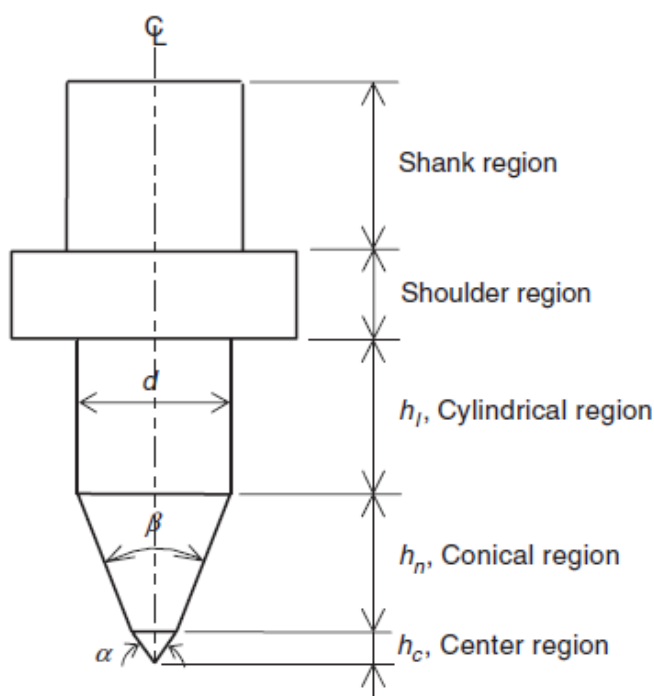


บทที่ 2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเจาะในปัจจุบันนอกจากเราจะเห็นในกระบวนการเจาะโดยใช้ดอกสว่านและดอกกริมเมอร์แล้วในปัจจุบัน แต่นักวิจัยก็ยังสนใจอยากศึกษาวิธีการเจาะแบบอื่นๆ ในกระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทานก็เป็นทางเลือกในการเจาะอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งนักวิจัยหลายคนได้ทำการทดลองในรูปแบบต่างๆ มีการกำหนดค่าตัวแปรหลายอย่างเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้ออกมาแตกต่างกันอย่างไร ในการออกแบบดอกเจาะของทากูจิจะออกแบบดอกเจาะเป็นกรวยแหลมมีมุมเจาะ กำหนดอัตราส่วนพื้นที่สัมผัส 50%, 75%, 100% Friction drill คือ กระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทาน โดยอาศัยแรงเสียดทานที่ได้มาจากการหมุนของดอกเจาะสัมผัสกับชิ้นงานและเกิดความร้อนขึ้นที่ชิ้นงานทำให้ชิ้นงานอ่อนนุ่มดอกเจาะที่มีความแข็งกว่าก็จะสามารถเจาะลงไปชิ้นงานได้จนทะลุ [8]

2.1 ลักษณะดอกเจาะ

ดอกเจาะที่ทำจากทั้งสแตนคาร์ไบด์ รูปทรงของ Friction drilling tool ได้ถูกพัฒนารูปร่างขึ้นเป็นพิเศษ ซึ่งเป็นรูปทรงเรขาคณิต ทรงกรวย ดังรูปที่ 2.1

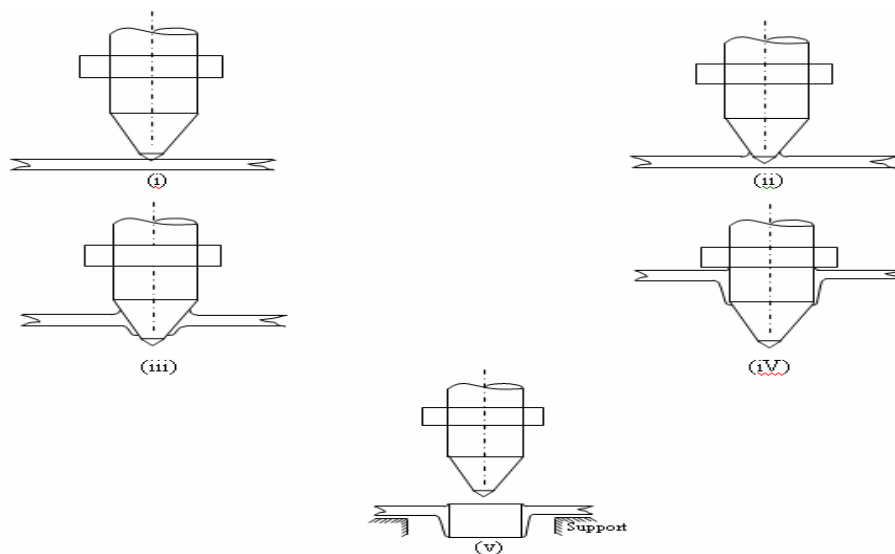


รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของดอกเจาะแบบแรงเสียดทาน Friction drilling tool [9]

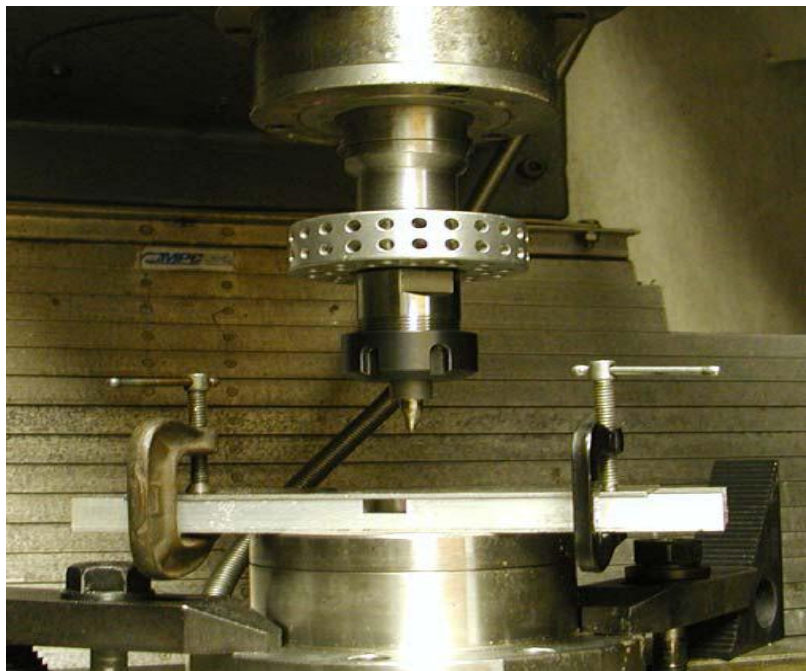
2.2 ส่วนประกอบของดอกเจาะ (Friction drilling tool)

ประกอบ 5 ตำแหน่ง

1. จุดศูนย์กลาง (Center region) มีมุมที่เท่า α และความสูง h_c ผลที่เกิดจากมุมที่ทำให้เกิดแรงและความร้อนในจุดเริ่มต้นของการเจาะตำแหน่งจุดศูนย์กลางทำหน้าที่เหมือน Web ใน Twist drill ช่วยประคองทิศทางขึ้น-ลง ของดอกเจาะสำหรับกระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทานและรักษาเครื่องมือจากกระบวนการเดินเครื่องที่จุดเริ่มต้น
2. ตำแหน่งกรวย (Conical region) ตำแหน่งนี้มีรูปร่างและมุมมากกว่าตำแหน่งศูนย์กลาง หัวเจาะตำแหน่งนี้เสียดสีกับชิ้นงานให้เกิดแรงเสียดทานและความร้อน และผลักเนื้อวัสดุงานลงไปด้านล่างเป็นรูปปลอกโลหะ มุมความยาวของรูปทรงกรวย คือ จุด β และ h_n
3. ตำแหน่งรูปทรงกระบอก (Cylindrical region) ตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งที่ช่วยสร้างรูปร่างของปลอกโลหะ ความยาว และเส้นผ่าศูนย์กลางของตำแหน่งนี้คือ h_1 และ d
4. ตำแหน่งบ่า (Shoulder region) ตำแหน่งนี้ในบางครั้งสัมผัสกับชิ้นงานรอบ ๆ ขอบรูและปลอกโลหะ
5. ตำแหน่งก้าน (Shank region) เป็นตำแหน่งที่ใช้จับยึดกับหัวจับของเครื่อง



รูปที่ 2.2 รูปขั้นตอนกระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทาน [10]



รูปที่ 2.3 รูปการจับชิ้นงานและดอกเจาะ [11]



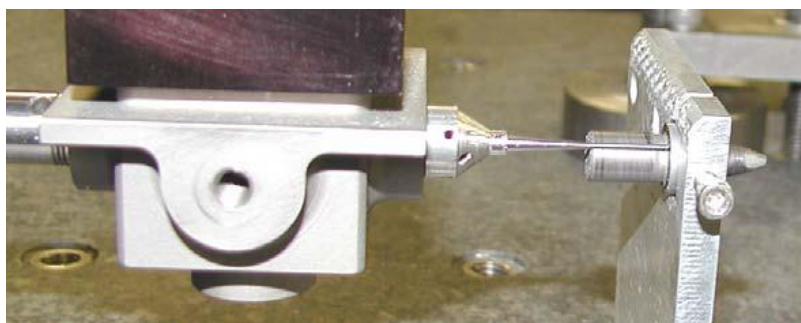
รูปที่ 2.4 รูปการหมุนเจาะชิ้นงาน [11]



รูปที่ 2.5 รูปภาพการออกแบบดอกเจาะ [12]



รูปที่ 2.6 รูปภาพการวัดส่วนต่างของดอกเจาะ[12]



รูปที่ 2.6 (ต่อ) รูปภาพการวัดส่วนต่างของดอกเจาะ[12]

2.3 อลูมิเนียม

อลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีน้ำหนักเบาเป็นอันดับสี่โลหะผสมอลูมิเนียมที่ใช้กันมาก ในการสร้างเครื่องบินอลูมิเนียมหนักหนึ่งในสามของเหล็ก และสามารถนำไฟฟ้าได้ ในผิวโลกมีอลูมิเนียมมากกว่าโลหะอื่นๆ ในดินเหนียวเกือบหนึ่งในสี่โดยน้ำหนัก แต่การแยกอลูมิเนียมบริสุทธิ์จากดินทำได้ไม่ถ่วงนัก เขามักแยกอลูมิเนียมจากแร่ที่ชื่อ บอกไซต์ (Bauxite) ซึ่งมีอลูมิเนียมมากกว่าดิน แร่นี้มีมากในทวีปอเมริกา (ประเทศแคนาดามีมากที่สุด) และในออสเตรเลียในประเทศอื่นก็มีบ้าง เหมือนกับอลูมิเนียมที่มีอยู่ในธรรมชาติบางชนิด เช่น พลอยและทับทิม เป็นต้น แร่กากกะรุน (Emery) คือออกไซด์ของอลูมิเนียมเรารู้จักกันกว่า 140 ปี แต่เนื่องจากราคาแพงจึงมิได้ใช้แพร่หลาย โลหะนี้มีราคาถูกลงเพราะการแยกอลูมิเนียมจากแร่ทำได้โดยวิธีแยกด้วยไฟฟ้าดีกว่าอย่างอื่น

อลูมิเนียมมีสีขาวเหมือนเงิน เนื้อเป็นมันวาวงดงามไม่หมองง่ายอาจถึงเป็นเส้นขนาดเล็กยิ่งกว่าเส้นผม หรือดีเป็นแผ่นบางๆที่บางมาราวกับกระดาษ อลูมิเนียมไม่สึกกร่อนโดยง่าย และทำปฏิกิริยากับกรดและด่างบางชนิดเท่านั้น เมื่อผสมโลหะอื่นบางชนิดลงไปเนื้ออลูมิเนียมจะได้โลหะผสมซึ่งแข็งแรง ทนทาน และเหนียวกว่าอลูมิเนียมบริสุทธิ์มาก ใช้ทำสิ่งของเครื่องใช้ได้อย่างดี

อลูมิเนียมแบ่งได้ 4 เกรด

1. อลูมิเนียม (A1) 99.99 % มีคุณสมบัติด้านการกัดกร่อนได้ดีเยี่ยมในสถานะของน้ำทะเล มีราคาแพงประโยชน์ใช้ในพวกอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการความเข้มสูง ทำให้เกิดสะท้อนแสงได้อยู่ (Search light Reflector)
2. อลูมิเนียม (A2) 99.80 % ใช้ในอุตสาหกรรมเคมีเพราะว่ามีความเหนียว(ductility)สูงก็สามารถโค้งงอได้เช่นทำ Pipe, Tube และแผ่นบางห่อหุ้มของ
3. อลูมิเนียม (A3)น้อยกว่า 99.60 % ด้านทนต่อการเกิดกัดกร่อนได้ดีมาก เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการอลูมิเนียมบริสุทธิ์มากนัก เช่น อุปกรณ์ไฟฟ้า สายเคเบิล การส่งถ่ายกระแสไฟฟ้าบางทีก็เรียกเกรดนี้ว่า E.C. (Electrical conductor)
4. อลูมิเนียม (A4) 99 % ใช้ทำภาชนะใส่อาหารทั่วไปๆ ถังถังแผ่นที่ใช้ทำงานทั่วไปที่เราไม่ต้องการอลูมิเนียมบริสุทธิ์สูงนัก พวกนี้ก็มีความเหนียวพอ

2.4 อลูมิเนียมผสม (A6061) [13]

อลูมิเนียมผสม (Aluminium Alloys) A6061 เป็นโลหะผสมของอลูมิเนียมที่มีแมกนีเซียมและมีซิลิกอนเป็นส่วนผสมสำคัญสามารถเพิ่มความแข็งแรงได้ด้วยวิธีการ บ่มแข็ง จำหน่ายผ่านกระบวนการบ่มแข็ง จำหน่ายในสภาพผ่านกระบวนการบ่มแข็งและทำการดิ่งเพื่อคลายความเค้นตาม T 651 เพื่อให้ได้ความแข็งแรงสูงสุด

คุณลักษณะเด่น (Significant characteristics)

- มีน้ำหนักเบากว่าเหล็กมาก ประมาณ 3 เท่าตัว
- มีค่าการนำความร้อนและไฟฟ้าสูงกว่าเหล็ก
- มีความแข็งแรงในระดับปานกลาง
- ด้านทนต่อการกัดกร่อนดีเยี่ยม

- สามารถเชื่อมได้ดีมาก
- ความสามารถในการขึ้นรูปเย็นและการตัดกลึงดีพอใช้
- สามารถขัดเงาได้ดีและทำอะโนไดซิงค์ให้ผิวสวยงาม

A6061 นิยมใช้งานที่ต้องการทั้งความแข็งแรงสูงร่วมกับความต้องการการกัดกร่อนที่ดีเยี่ยม เช่น งานเป่าพลาสติก งานโครงสร้างอาคาร (หมดชัย) ราวสะพานและในยานพาหนะต่าง ๆ เช่น เรือ รถบรรทุก เป็นต้น

- แม่พิมพ์เป่าพลาสติก
- งานท่อขนส่ง งานทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
- สก๊อตเครื่องบินน้ำ และเรือแคนู
- เฟอรันิเจอร์ , ท่อดูดของเครื่องดูดฝุ่น
- รางเลื่อนของรถขนของ
- อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

ลักษณะทั่วไป (General Characteristics)

ผ่านการบ่มแข็งและคลายความร้อน (T651) ความแข็งอย่างน้อย 90 HB

A 6061 , ISO AIMg 1SiCu, DIN 3.3211(AIMg 1SiCu)

ส่วนผสมเคมี (%wt) Mg 0.8 – 1.2% ,Si-0.7-0.8%

Cu.0.15 – 0.40% , Cr. 0.4-0.35 Al. bal.

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ (Physical Propertig) ค่าเฉลี่ย

ความหนาแน่น / Density (g/cm³) 2.7

อุณหภูมิหลอมเหลว / Melting range (°C) 580-650

การนำความร้อนที่ 20°-100°C Thermal Conductivity (W/m-K) 150-170

การสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน ระหว่าง 20°-100°C

Coefficient of thermal expansion between 20°-100°C

(µm/m-K) 23.6

การนำไฟฟ้า 20°C Electrical Conductivity(Ωmm²) 24-26

โมดูลัสของการยืดหยุ่นที่ 20°C Modulus of elasticity (103N/mm²) 69

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติทางกลของอลูมิเนียมผสม A6061 (Mechanical Properties)

Thickness (mm)	Y.S. (N./mm ²)	U.T.S (N./mm ²)	U.S.S (N./mm ²)	El. (%)	Hard. (HB)
6-13	≥240	≥290	≥190	≥10	≥90
13-25	≥240	≥290	≥190	≥9	≥90
25-50	≥240	≥290	≥190	≥8	≥90
50-100	≥240	≥290	≥190	≥6	≥90
มาตรฐาน	270	305	205	13	95

2.5 คุณภาพผิวงาน [14]

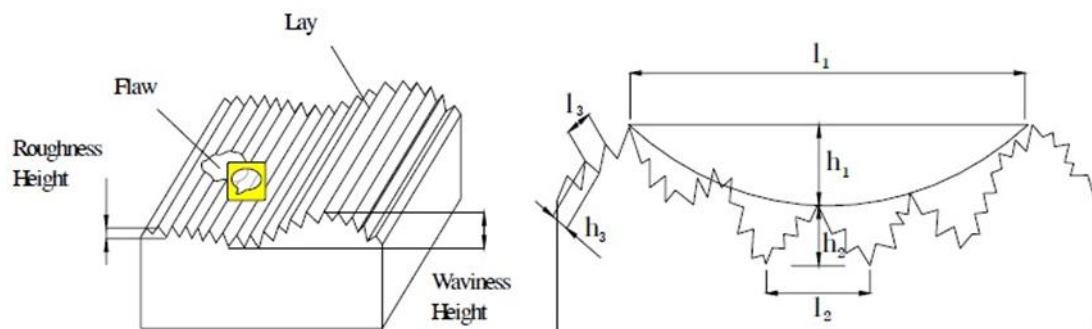
การขึ้นรูปโดยการตัดเฉือน เพื่อให้ได้รูปแบบชิ้นงานตามที่ต้องการ จะต้องคำนึงถึงปัจจัยและผลที่จะเกิดขึ้นกับงานที่ทำสำเร็จ ซึ่งผลที่เกิดขึ้นหลังการตัดเฉือนอย่างหนึ่งคือคุณภาพผิวงาน โดยปกติของการผลิตทั่วไปมักจะต้องการงานที่มีคุณภาพผิวที่ดี เนื่องจากชิ้นงานที่มีคุณภาพผิวงานที่ดี จะมีผลต่อความสวยงามเมื่อมีการประกอบชิ้นส่วน และต่อความเสียดทานเมื่อต้องมีการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนที่สัมผัสกัน ลักษณะทั่วไปของผิวงานที่ผ่านการแปรรูปและผ่านการตัดเฉือน รวมทั้งองค์ประกอบหลักๆของสภาพผิวงาน เป็นดังรูปที่ 2.3 ได้แก่

1. ผิวงาน (Surface) หมายถึงขอบเขตหรือบริเวณ ที่แยกออกจากส่วนเนื้อวัสดุงาน รูปร่างและลักษณะผิวงาน ระบุได้ด้วยรูปภาพ (Drawing) หรือคำอธิบายคำจำกัดความ (Descriptive Specifications)
2. รูปทรงผิว (Profile) หมายถึงเส้นที่แสดงลักษณะพื้นผิวงาน ตลอดภาคหน้าตัดที่ถูกนำมาพิจารณา
3. ความหยาบของผิว (Roughness) หมายถึงความผิดปกติของผิวงานที่ผ่านกระบวนการตัดเฉือนอันเนื่องมาจากคมตัดของมีด และจากอัตราป้อน

4. คลื่นของผิวงาน (Waviness) หมายถึง ความผิดปกติของผิวงาน ที่มีระยะในการพิจารณา กว้างกว่าช่วงความหยาบผิว เกิดขึ้นจากการโก่งตัวของทั้งชิ้นงาน และการหลวมคลอนของชิ้นส่วน เครื่องจักรกล รวมทั้งการสั่นสะเทือนขณะทำการตัดเฉือน

5. ฟล่อ (Flaw) หมายถึง ความผิดปกติของผิวงาน ที่เกิดขึ้นที่จุดใดจุดหนึ่งบนผิวงาน เช่น รอย จี๊ดข่วน รอยแตก รูพรุน เป็นต้น

6. เลย์ (Lay) หมายถึง แนวทิศทางของรอยสัน ส่วนยอดความหยาบของผิวที่ตรวจสอบ



รูปที่ 2.7 ภาพสามมิติผิวงานหลังการตัดเฉือนและภาพด้านข้างผิวงาน[14]

2.5.1 องค์ประกอบที่มีผลต่อความเรียบผิวงาน

คุณภาพผิวงานที่จะทำการตัดเฉือน สามารถกำหนดได้ว่าต้องการให้ผิวงานที่ได้ มีลักษณะอย่างไร จึงจะเหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งสมบัติดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. ความแข็งแรงของเครื่องจักร และความเที่ยงตรงของวัสดุรองรับ (Bearing)
2. คุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการตัดเฉือนเป็นผิวสำเร็จของวัสดุงาน
3. ชนิด ประเภท และลักษณะของวัสดุมีด
4. การเลือกใช้วัสดุน้ำมันตัดเฉือน
5. ลักษณะของการเกิดเศษ
6. มุมมีดที่ใช้
7. ตัวแปรที่ใช้ในการตัดเฉือน ได้แก่ อัตราป้อน ความลึกการขุด และความเร็วตัด

2.5.2 ลักษณะของการเกิดเป็นคลื่น (Waviness) ของผิวงาน

โดยปกติความผิดปกติของผิวงานดังกล่าว จะเกิดจากการสั่นสะเทือนระหว่างทำการตัดเฉือน ซึ่งมีสาเหตุมาจากปัจจัยต่างๆดังนี้

1. การสั่นสะเทือนจากภายนอกเครื่องจักร
2. จากการเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของชิ้นส่วนภายในของเครื่องจักร
3. ความบกพร่องจากระบบการทำงานของเครื่องจักร
4. เกิดจากการสั่นสะเทือนภายในของวัสดุเอง

2.5.3 ปัจจัยอื่นที่มีผลกระทบต่อความเรียบผิวงาน

นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อความเรียบผิวงาน จากการศึกษาเพื่อหาความเรียบผิวงานที่ได้จากการตัดเฉือน ที่อัตราป้อน 0.15 มิลลิเมตรต่อรอบ ความลึกรอยตัด 3.8 มิลลิเมตร ที่ความเร็วตัดขนาดต่าง ๆ จะได้ความเรียบผิวงาน ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความเรียบของผิวงาน อีกประการหนึ่งคืออัตราการป้อน (Feed Rate) ซึ่งโดยปกติแล้วอัตราการป้อนต่ำ จะให้ค่าความเรียบผิวงานดีกว่าอัตราป้อนที่มากกว่า

$$RA = f^2 / (32 \cdot R) \text{ ไมครอน (2-4)}$$

$$f = \text{อัตราป้อน/รอบ มิลลิเมตรต่อรอบ}$$

$$R = \text{รัศมีปลายมีด มิลลิเมตร}$$

2.6 ทฤษฎีและรูปแบบของความเรียบผิว

จากงานวิจัยของ Dawson และคณะ เมื่อปี ค.ศ. 2001 เรื่อง “ Tool life, Wear Rates, and Surface Quality in Hard Turning.” ได้สรุปเป็นสมการของความเรียบผิวดังนี้ [15]

$$Ra = \frac{f^2}{32re} \quad (2.1)$$

เมื่อ

$$Ra = \text{ความเรียบผิว } \mu\text{m}$$

$$f = \text{อัตราป้อน mm/rev}$$

$$Re = \text{รัศมีปลายเครื่องมือตัด mm}$$

สิ่งแรกได้มีการพิจารณาถึงข้อบกพร่องในกระบวนการผลิต เช่น เครื่องมือสั่น, เศษพอกติด [15] สิ่งต่อมาคือข้อจำกัดเกี่ยวกับรูปแบบนี้ เช่น เครื่องมือที่แน่นนอน (เช่น CBN) ที่ต้องการรูปแบบพิเศษเพื่อช่วยในเรื่องอายุการใช้งานของเครื่องมือ [16] ดังได้กล่าวมาแล้วว่าความเรียบผิวที่ถูกต้องในการทดลอง

ด้วยอัตราป้อนที่ต่ำไม่สอดคล้องกับความเรียบผิว มีผลกระทบหลัก 2 อย่างที่เป็นแนวทางทำให้ความเรียบผิวเสียหาย ได้แก่ การพอกและการขีดความเสียดทานสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือและชิ้นงานมีผลกระทบต่อคุณภาพผิวงาน [17] ที่ความฝืดต่ำแรงเสียดทานมากขึ้นอยู่กับการพอกและการเฉือนที่สัมผัสกับผิว [18] ในกรณีของการกลึงแรงเสียดทาน นี้อยู่ที่มืดและเศษที่สัมผัสกัน เช่น ที่ความเร็วต่ำเศษเสียดสีกับมิดที่ผิวคมตัดที่ 2 ทำให้การพอกเพิ่มขึ้นซึ่งมีผลระหว่างมิดกับชิ้นงานโดยเปลี่ยนจากการตัดเป็นการขีด ความแตกต่างจากทฤษฎีความเรียบผิวที่อัตราการป้อนต่ำเป็นเหตุให้เกิดการพอกและขีด [19] Grzesik กล่าวว่า การทำให้ผลกระทบนี้น้อยลงควรหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดเศษที่ไม่เป็นแบบมาตรฐานยาวเกินไป ควรให้เท่ากับความลึกวิกฤตของคมตัด [19]

2.6.1 ประเภทของการตัดจำแนกตามความราบเรียบของผิวสำเร็จ [19]

ก. การตัดหยาบ (Rough Cutting) หมายถึงการตัดที่ต้องการให้งานเสร็จอย่างรวดเร็วแต่ไม่เน้นเรื่องการทำให้ค่าความขรุขระต่ำ ไม่เน้นความแม่นยำหรือความละเอียดของพื้นผิวสำเร็จของชิ้นงานงานส่วนมากในการตัดโดยใช้เม็ดมิดตัดมักจะเป็นการตัดหยาบใช้ความเร็วในการตัดค่อนข้างสูงอัตราป้อนสูง และความลึกในการตัดมาก เป็นผลให้ใช้แรงตัดสูง ใช้กำลังในการตัดสูงและอาจจะต้องฉีดน้ำมันหล่อเย็นที่มีสมบัติของการหล่อลื่นหรือการลดแรงตัดได้ดี ทั้งนี้เพราะต้องการให้งานเสร็จเร็วหลังจากงานตัดหยาบแล้วอาจจะต้องมีการตัดละเอียดหรือการเจียรในอีกครั้งหนึ่ง

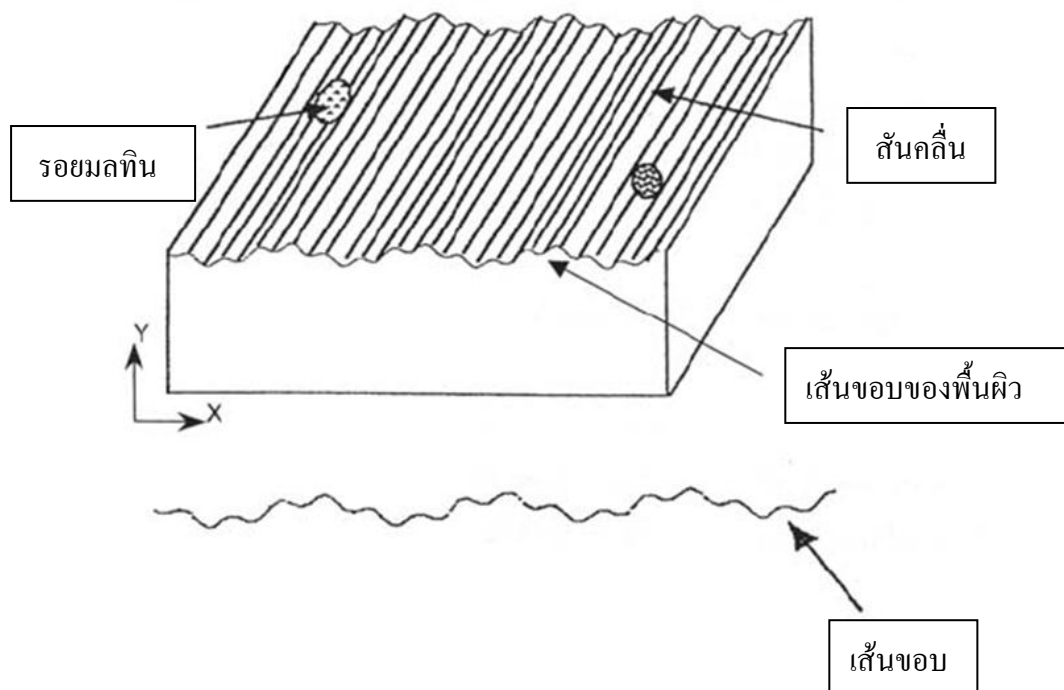
ข. การตัดละเอียด (Fine Cutting) หมายถึงการตัดที่ต้องการให้ค่าความขรุขระเน้นความแม่นยำหรือความละเอียดของพื้นผิวสำเร็จของชิ้นงาน ไม่เน้นให้งานเสร็จอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าเสร็จรวดเร็วก็เป็นการดี งานในลักษณะนี้เกิดขึ้นเป็นงานในขั้นตอนต่อเนื่องจากการตัดหยาบหรือเป็นการตัดครั้งสุดท้ายใช้ความเร็วในการตัดสูง หรือต่ำก็ได้ แล้วแต่ความเหมาะสม อัตราป้อนต่ำและความลึกในการตัดต่ำหรือปานกลาง แรงและกำลังที่ใช้ตัดมิดจะมีค่าน้อยจนไม่ก่อให้เกิดปัญหาหมักจะต้องฉีดน้ำยาหล่อเย็นเพื่อขจัดฟอยออกจากบริเวณของการตัดอย่างรวดเร็วเพื่อลดความขรุขระของพื้นผิวสำเร็จ

ค. การตัดปานกลาง (Medium Cutting) เป็นการตัดที่ประนีประนอมระหว่างการตัดหยาบและการตัดละเอียด คือ ต้องการให้งานเสร็จ โดยที่ต้องการให้พื้นผิวขรุขระด้วย ซึ่งอาจจะทำได้ในบางกรณีโดยการเลือกค่าความเร็วในการตัด อัตราป้อนและความลึกในการตัดที่เหมาะสม

2.7 ความขรุขระของพื้นผิว (Surface roughness) [19]

รูปแบบโดยทั่วไปของผิวมีคำศัพท์ทางเทคนิคหลายคำเกี่ยวกับพื้นผิวที่ควรรู้จัก เช่น พื้นผิว (Surface) หมายถึงส่วนนอกสุดของเทห์วัตถุ (Body) ที่จะสัมผัสกับอวกาศ (Space) หรือสัมผัสเกี่ยวข้องกับเทห์วัตถุอื่น พื้นผิวของวัตถุส่วนมากจะมีลักษณะเป็นเหมือนเกลียวคลื่น (Wave Length)

ยาวผสมกับตะลอกคลื่นที่มีความยาวคลื่นสั้นความเป็นคลื่น(Waviness) หมายถึง เกลียวคลื่นที่มีช่วงคลื่นยาว ความเป็นคลื่นส่วนมากจะมีลักษณะเป็นคลื่นไซน์ (Sine Wave) จึงอาจจะแสดงได้โดยขนาด (Amplitude) ของคลื่น และโดยค่าความยาวคลื่นความขรุขระ (Roughness) หมายถึง ตะลอกคลื่นที่มีช่วงคลื่นสั้น ความขรุขระอาจจะแสดงได้โดยขนาด (Amplitude) ของคลื่น และโดยค่าความยาวคลื่น เส้นขอบ (Profile) เป็นเส้นแสดงพื้นที่ผิวเมื่อถูกตัดตามแนวขวางรอยมลทิน (Flaw) หมายถึง รีวรอยที่เกิดขึ้นอย่างไม่มีทิศทางแน่นอน มีจำนวนน้อย และจะไม่นำมาพิจารณาในการคำนวณ หรือในการวัดค่าความขรุขระการวัดค่าความขรุขระของพื้นผิว โดยปกติแล้วจะใช้เครื่องมือที่มีปลายลักษณะคล้ายเข็มลากอย่างช้า ๆ ผ่านไปบนแกนนอน (แกน X) ของพื้นผิวที่จะวัดค่าความขรุขระ การเคลื่อนที่ของปลายเข็มในแนวดิ่ง (Ya) จะเป็นไปตามลักษณะเส้นขอบของพื้นผิว (Surface Profile) ดังในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ลักษณะเส้นขอบของพื้นผิว (Surface profile) [19]

จากนั้นจะมีระบบบันทึกค่า X และ Ya ไว้ในหน่วยความจำ และระบบคำนวณค่าอิทธิพลของความเป็นคลื่น (Waviness) ที่มีขนาด Yw ในแนวดิ่ง จากนั้นจึงจะลบค่าอิทธิพลของความเป็นคลื่นออก จะเหลือเฉพาะค่าในแนวดิ่งอันเนื่องมาจากความขรุขระ (Y) ซึ่งจะนำไปคำนวณหาค่าความขรุขระต่อไป นั่นคือ $Y = Y_a - Y_w$ การคำนวณหาค่า Y จะทำโดยอัตโนมัติ ค่า X และ Y ที่บันทึกไว้

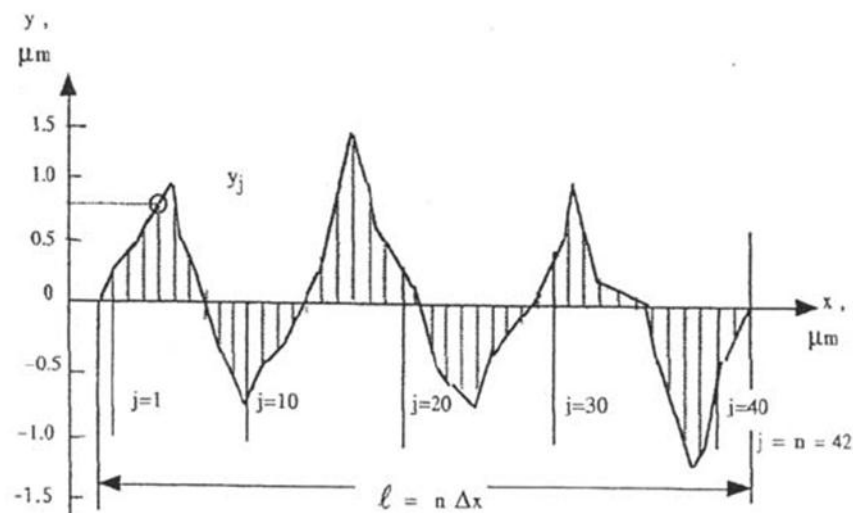
ขั้นตอนนี้เป็นเพียงแต่ค่าของพื้นผิวจำลองที่เป็นผลมาจากความขรุขระ ยังไม่ใช่ค่าความขรุขระจะต้องนำไปคำนวณต่อไปอีกเพื่อหาความขรุขระ

ก. ค่าเฉลี่ยทางเลขคณิต (Arithmetic Average, R_a) ถ้าลากเส้นในแนวนอนผ่านกึ่งกลางของเส้นขอบรูปที่ตัดค่าความเป็นคลื่นออก จนเหลือแต่ความขรุขระ หรือ

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y| dx \quad (2.2)$$

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |y_j| \quad (2.3)$$

ค่าเฉลี่ยทางเลขคณิต R_a เป็นค่าที่นิยมใช้ระบุความขรุขระของพื้นผิวมาแต่ดั้งเดิมก่อนค่าอื่นๆ และเป็นที่ยอมรับกันดี และใช้กันมากจนกระทั่งปัจจุบัน แต่ต่อมามีการนำเอาตัวแปรอื่นๆ มาใช้ระบุค่าความขรุขระเพิ่มเติมอีก เพื่อให้การพิจารณาค่าความขรุขระมีหลายมุมมองยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างการแบ่งเส้นขอบของผิวเป็นส่วนย่อย ๆ [19]

ข. ค่าเฉลี่ยรูทมีนสแควร์ (Root Mean Square Average, R_q หรือ R_{rms}) การคำนวณหาค่าความขรุขระตามวิธีรูทมีนสแควร์ เป็นความพยายามที่จะนำเอาหลักการทางสถิติมาใช้ในการวัดค่าความขรุขระ โดยใช้สูตรการคำนวณ อาศัยหลักการยกกำลังสองของ Y เพื่อหาค่า Y ที่มีค่าลบกลายเป็นค่าบวกของ Y จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของ Y แล้วจึงถอดรูท (Root) ฐานสอง เพื่อให้หน่วยของการวัดเป็น

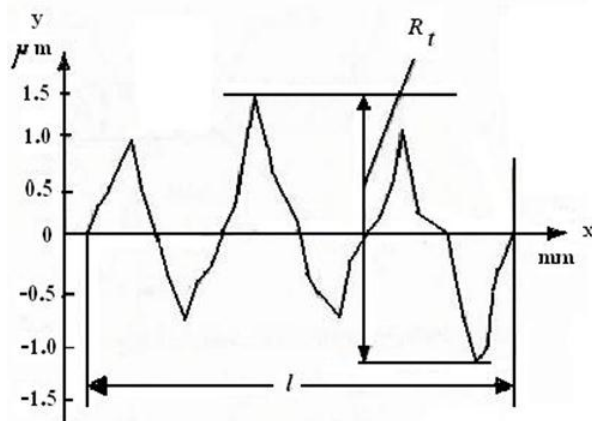
หน่วยของการวัดเป็นหน่วยยกกำลังหนึ่ง ซึ่งเป็นหน่วยตามปกติที่คุ้นเคยกันค่าความขรุขระตามวิธีหามินสแควร์ R_q หรือ R_{rms} หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$R_{ms} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y^2} \quad (2.4)$$

ค. ค่าระหว่างยอดสูงสุดกับก้นร่องต่ำสุด (Maximum Distance Between Peak to Valley , R_t) ค่า R_t หาที่วัดได้จากความยาว l ที่วัดจากพื้นผิว ได้แสดงไว้โดยรูปที่ 2.10 ค่า R_t หาได้ดังนี้ $R_t = 1.5 + 1.2 = 2.7 \mu m$ ค่า R_t มีความหมายในการปฏิบัติงาน คือ เป็นค่าที่จะบอกได้ว่า ในการจะขัดเนื้อผิวตัวอย่างนี้ จะต้องขัดเนื้อผิวออกเป็นความลึกไม่น้อยกว่าค่า R_t จึงจะทำลายผิวเดิมได้หมด แต่เนื่องจากค่า R_t วัดได้ไม่แน่นอนเพราะเป็นค่าสูงสุดค่าเดียวซึ่งจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของพื้นผิวที่วัด จึงนิยมวัดค่าเฉลี่ย R_z แทนค่า R_t โดยให้ R_z เป็นค่าเฉลี่ยของค่าความสูงขรุขระระหว่างยอดสูงสุดกับก้นร่องต่ำสุด จากค่าสูงสุดที่วัดได้ 5 ค่าแรก ถ้าค่า h_1, h_2, h_3, h_4 และ h_5 เป็นค่าความสูงระหว่างยอดสูงสุดกับก้นร่องต่ำสุดโดยเป็นค่าสูงสุด 5 ค่าแรก เท่าที่วัดได้จากความยาว l ที่วัดได้จากพื้นผิว ดังนั้น ค่า R_z คำนวณได้จาก

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 h_j = \frac{1}{5} [h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5] \quad (2.5)$$

ยังมีวิธีวัดค่าความขรุขระวิธีอื่นอีกหลายวิธี แต่ไม่สู้จะเป็นที่นิยมมากนัก จึงจะไม่นำมาพิจารณา



รูปที่ 2.10 แสดงค่าระหว่างยอดสูงสุดกับก้นร่องต่ำสุด R_t [19]

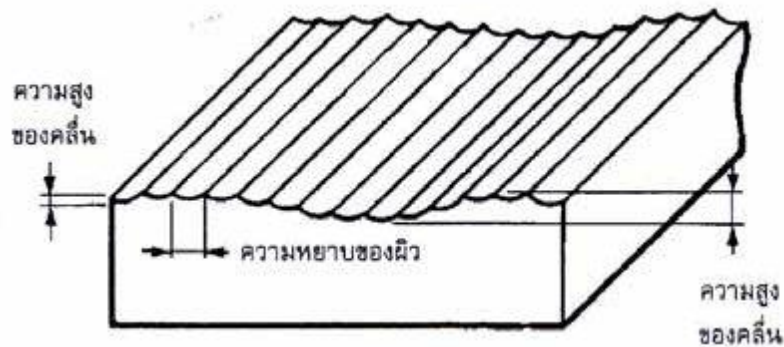
Process	μm $\mu\text{in.}$	Roughness (R_a)													
		50 2000	25 1000	12.5 500	6.3 250	3.2 125	1.6 63	0.8 32	0.40 16	0.20 8	0.10 4	0.05 2	0.025 1	0.012 0.5	
Flame cutting															
Snagging (coarse grinding)															
Sawing															
Planing, shaping															
Drilling															
Chemical machining															
Electrical-discharge machining															
Milling															
Broaching															
Reaming															
Electron-beam machining															
Laser machining															
Electrochemical machining															
Turning, boring															
Barrel finishing															
Electrochemical grinding															
Roller burnishing															
Grinding															
Honing															
Electropolishing															
Polishing															
Lapping															
Superfinishing															

รูปที่ 2.11 ค่าเฉลี่ย R_a ความขรุขระของพื้นผิวในกระบวนการผลิต [19]

2.8 การวัดและการตรวจสอบความหยาบผิว

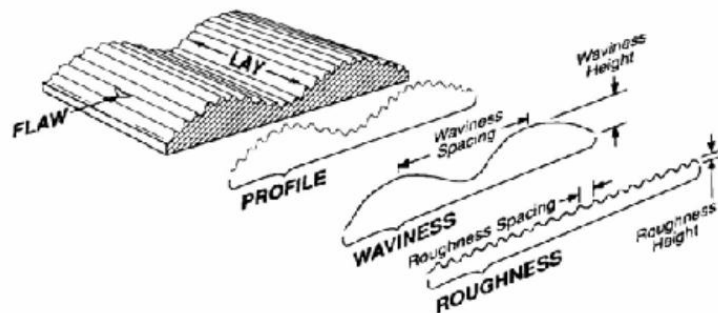
ความสำคัญของการวัดตรวจสอบสภาพพื้นผิวชิ้นงาน (Surface Finish Measurement) มีมากขึ้นตามลำดับ เนื่องจากหลากหลายสาเหตุหนึ่งในสาเหตุต่างๆ เหล่านี้คือ แรงกดดันจากลูกค้าเอง โดยใช้เหตุผลของคุณภาพสูงสุดและความน่าเชื่อถือสูงสุดของผลิตภัณฑ์เมื่อนำไปใช้งาน และด้วยเหตุที่ค่าพิสัยความเผื่อ (Tolerances) ของงานเองก็เริ่มที่จะถูกบีบให้มีค่าที่แคบลง หรือน้อยลงเรื่อยๆ ผลของความเรียบของผิวงานสำเร็จ ก็เริ่มถูกคำนึงถึงว่ามีส่วนสำคัญเช่นกัน โดยค่าความเรียบผิว (Surface Roughness) จะมีผล หรือสามารถวิเคราะห์หาผลของกรรมวิธีการผลิต เช่น การควบคุมสภาพแวดล้อม, ผลของประสิทธิภาพการทำงาน มองผ่านชิ้นงานที่เข้าสู่หรือที่ผ่านการผลิตเสร็จสิ้น ความเหมาะสมของขบวนการผลิตที่จะทำให้สภาพแวดล้อมการผลิตเหมาะสมต่องาน, ขนาดจริงแท้จริงของชิ้นงาน หลังจากชิ้นงานผ่านการใช้งานไประยะเวลาหนึ่งค่าความเรียบผิวที่เหมาะสม ค่าคุณสมบัติของผิว (Surface Parameter) และวิธีการผลิตที่ถูกต้อง จะทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงหรือไม่

สูงเกินไป จากการออกแบบขั้นตอนการผลิตที่เหมาะสมถูกต้อง เนื่องจากการมีความเข้าใจอย่างถูกต้องต่อรูปทรงแบบต่าง ๆ ของคุณสมบัติของผิว, วิธีการวัดผิว/วิเคราะห์ จะทำให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกกำหนดค่าและวิธีการวัดความหยาบที่เหมาะสม ซึ่งไม่เพียงแต่จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ แต่จะทำให้เกิดขบวนการผลิตที่เหมาะสมและต้นทุนการผลิตที่ถูกต้อง[21]ผิวชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการผลิตด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ เช่น งานหล่อ งานรีด งานกดอัดขึ้นรูป และงานขึ้นรูปด้วยเครื่องมือกล (งานกัด งานกลึง งานเจียรไน ฯลฯ) เมื่อมองด้วยสายตาเราเห็นว่าผิวของชิ้นงานมีความเรียบ แต่เมื่อนำมาขยาย ก็จะพบว่าผิวงานเหล่านั้นขรุขระเป็นคลื่นสูง-ต่ำไม่เท่ากัน โดยเฉพาะถ้าผิวของชิ้นงานใดมีความสูง-ต่ำแตกต่างกันมาก แสดงว่าผิวของชิ้นงานนั้นมีความหยาบของผิวมาก แต่ถ้าผิวของชิ้นงานใดมีความสูง-ต่ำน้อย ก็แสดงว่ามีความหยาบของผิวน้อยและละเอียดมากกว่า ซึ่งความหยาบละเอียดของผิวงานนี้จะมีผลจะเป็นสำหรับงานที่ต้องการความละเอียดสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลบางชนิด เช่น ตลับลูกปืน เป็นต้น แต่สำหรับชิ้นงานบางชนิดอาจจะไม่มีความจำเป็นที่จะต้องระบุความหยาบละเอียดของผิวงาน เพราะจะทำให้เสียเวลาในการผลิต



รูปที่ 2.12 ภาพขยายของผิวชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูป [19]

2.8.1 ส่วนประกอบอื่นของผิว (Surface Component)



รูปที่ 2.13 ภาพแสดงส่วนประกอบของพื้นผิว [19]

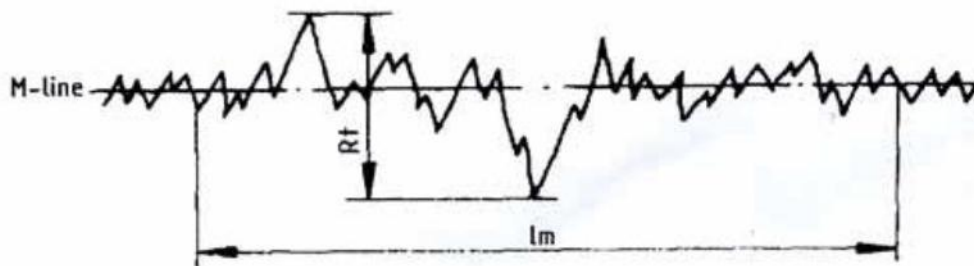
1. LAY ทิศทางหลักของพื้นผิว หรือรอยทางเดินของเครื่องมือตัด ซึ่งเกิดขึ้นบนพื้นผิวระหว่างการขึ้นรูป (Machine) ทิศทางที่เกิดขึ้นอาจเป็นได้หลายแบบขึ้นอยู่กับเครื่องมือ (Tools) หรือเครื่องจักรที่ใช้เช่น กลึง, เจียรนัย, กัด, ไส, ฯลฯ

2. FLAW รอยแตกเล็กๆ บนสันของยอด ซึ่งไม่ควรนำมารวมในการคำนวณความเรียบ เพื่อแบ่งแยกความแตกต่าง ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของผิวงาน หรือกำหนดการตัดสินคุณภาพของผิวงาน ว่ามีคุณลักษณะตามต้องการหรือตามที่กำหนดหรือไม่ เราจึงต้องใช้การวัดและคำนวณหาคุณสมบัติของผิวงานเป็นตัววัด/วิเคราะห์หาความแตกต่างเหล่านั้น [20]

2.8.2 การวัดค่าความหยาบละเอียดของผิวงานตามมาตรฐานของ ISO 4287

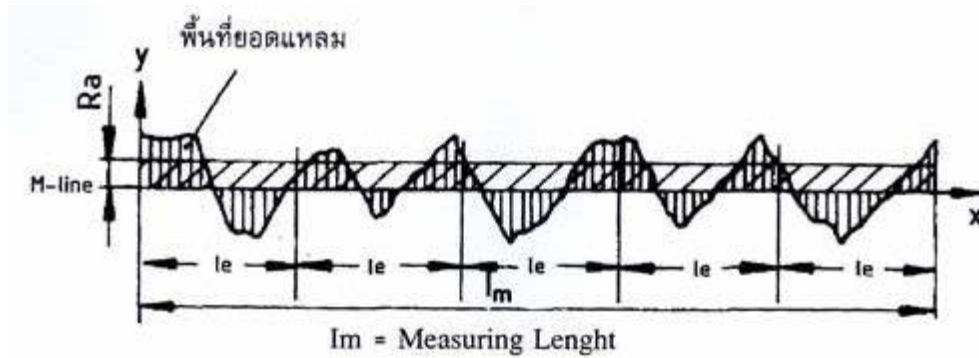
การวัดค่าความหยาบละเอียดของผิวงานที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปมาแล้ว ในหน่วยนี้จะ กล่าวถึงเฉพาะค่าความหยาบ R_t , R_a และ R_z เท่านั้น

1. ค่าความหยาบ R_t คือค่าวัดจากจุดสูงสุดไปยังจุดต่ำสุดของผิวงาน ซึ่งมีหน่วยเป็นไมโครเมตร (μm)



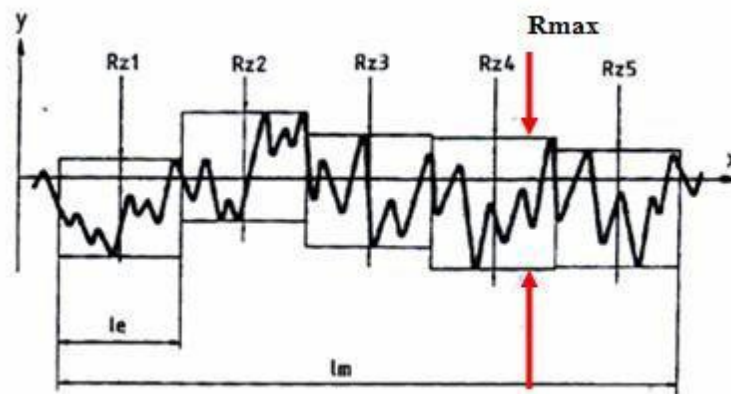
รูปที่ 2.14 การวัดค่าความหยาบ R_t [21]

2. ค่าความหยาบ R_a หมายถึง ค่าความหยาบผิวที่หาได้จากการรวมพื้นที่ยอดแหลมของคลื่นเหนือเส้นกึ่งกลาง (M-Line) กับพื้นที่ยอดแหลมของคลื่นใต้เส้นกึ่งกลางหารด้วยความยาวเฉลี่ย (L_m) โดยที่ค่าของ R_a มีหน่วยวัดเป็นไมโครเมตร



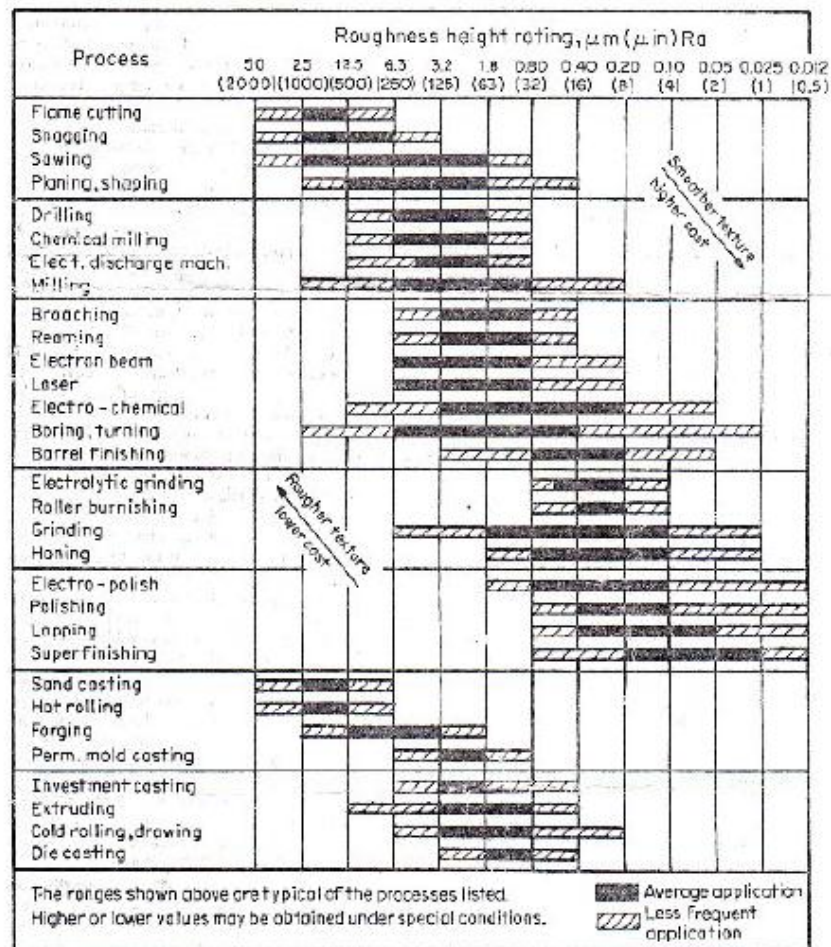
รูปที่ 2.15 การวัดค่าความหยาบ R_a [21]

3. ค่าความหยาบ R_z หมายถึง ค่าความหยาบผิว ซึ่งหาได้จากการวัดทดสอบเป็นช่วงเท่า ๆ กัน 5 ช่วง แล้วนำค่าที่ได้มารวมกันหารด้วย 5 โดยที่ค่าของ R_z มีหน่วยเป็นไมโครเมตร



รูปที่ 2.16 การวัดค่าความหยาบ R_z [21]

4. ค่าความหยาบผิวสูงสุด R_{max} หมายถึง ความลึกสูงสุดของร่องความหยาบที่มีอยู่ในระยะทดสอบ (ดังรูป 2.16)



รูปที่ 2.17 แสดงขอบเขตความเรียบผิวงานของกระบวนการการผลิต [22]

2.9 การสึกหรอของเครื่องมือตัด (Tool Wear) [23]

การสึกหรอของเครื่องมือตัด หมายถึงการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างของเครื่องมือตัด จากรูปร่างก่อนการใช้งานและหลังการใช้งาน ซึ่งเป็นผลมาจากวัสดุทำเครื่องมือตัดเกิดความเสียหายอย่างค่อยเป็นค่อยไป ขณะใช้งานมีสาเหตุหลายอย่างที่ทำให้เกิดการสึกหรอของเครื่องมือตัด ซึ่งความเข้าใจโดยทั่วไปการสึกหรอของเครื่องมือตัดเกิดจากการเสียดสี โดยอนุภาคที่มีความแข็งของชิ้นงานที่เกิดการถูไถบนผิวหน้าของเครื่องมือตัด การสึกหรอมักจะเกิดโดยเกิดการกระจายของโลหะผสมระหว่างวัสดุงานกับวัสดุเครื่องมือตัด ในบริเวณที่เกิดสภาวะของการสัมผัสกันของวัสดุงานและวัสดุเครื่องมือตัดจะสังเกตเห็นได้ วัสดุงานจะแสดงปฏิกิริยาโต้ตอบกับวัสดุเครื่องมือที่เป็นสาเหตุให้เกิดการสึกกร่อน เนื่องจากการเสียดสีของวัสดุเครื่องมือตัด อัตราของการสึกกร่อนเนื่องจากการเสียดสีนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในบริเวณของการสัมผัส และปฏิกิริยาของเครื่องมือตัดกับวัสดุงานซึ่งกันและกัน การกระจายหรือการเกิดโลหะผสมยังเกิดขึ้นที่ซึ่งอนุภาคของวัสดุงานถูกหลอมละลายบนพื้นผิวของเครื่องมือตัด

การหลอมละลายเหล่านี้จะทับถมกันจนมองเห็นเป็นลักษณะพอกพูนบนผิวหน้าเครื่องมือตัด เนื่องจากอนุภาคหรือชั้นของวัสดุงานภายในแอ่งของผิวหน้าเครื่องมือตัด การเกิดการกระจายหรือโลหะผสม ระหว่างการทับถมและความอ่อนตัวของเครื่องมือตัดต่ำกว่าการหลอมละลายบ่อยครั้งการทับถมเหล่านี้จะมีการโต้ตอบอีกครั้งจากเศษโดยการหลอมละลายหรือเกิดการแตกหักออกจากแรงของการชนของเศษที่หลุดออกมาปฏิกิริยาเคมีระหว่างองค์ประกอบในการทำงานโดยการใช้สารหล่อเย็นในบางครั้งอาจจะเร่งอัตราของการสึกหรอของเครื่องมือตัด การเกิดออกซิเดชัน (Oxidation) ของโลหะที่มีความร้อนใกล้คมตัด จะมีการกระจายทำให้เกิดการสึกหรอของเครื่องมือตัดอีกด้วย โดยเฉพาะการใช้ความเร็วตัดที่สูงเกินไปร่วมกับอุณหภูมิในการตัดเฉือนที่สูง การแตกหักของคมตัดเป็นสาเหตุให้เกิดการรับภาระในการตัดเฉือนที่มากเกินไป หรือเกิดการกระแทกอย่างกะทันหัน หรือการออกแบบเครื่องมือตัดที่ไม่เหมาะสมตามมาตรฐานสวมจะต้องแก้ไขให้ถูกต้องปรากฏการณ์ในการเกิดการสึกหรอของเครื่องมือตัด เนื่องจากความเค้นที่สูงที่เกิดจากการสัมผัสระหว่างผิวคาย (Rake Face) กับเศษของวัสดุงาน เป็นสาเหตุในการเกิดการเสียดสีรุนแรงที่ผิวคายเนื่องจากความเสียดทานระหว่างผิวหลบด้านข้าง (Flank) กับผิวที่ถูกตัดเฉือน ดังนั้นผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดอาจจัดอันดับการสึกหรอของเครื่องมือตัดได้คือบริเวณผิวคาย(Rake Face) และผิวหลบด้านข้าง (Flank Face)

2.10 สาเหตุของการสึกหรอของดอกสว่าน [24]

ในการใช้งานของเครื่องมือตัด บริเวณที่เกิดการสึกหรอ คือ บริเวณที่เครื่องมือตัดสัมผัสกับเศษโลหะและชิ้นงาน การสึกหรอจะเกิดขึ้นสองลักษณะ คือ เกิดบริเวณผิวคายเศษโลหะ และ บริเวณผิวด้านข้างของคมตัด การสึกหรอที่เกิดขึ้นนี้ ทำให้เครื่องมือตัดหมดอายุการใช้งานซึ่งสาเหตุของการสึกหรอมีดังนี้

1. การสึกหรอจากการเสียดสี การที่วัสดุสองชนิดเกิดการสึกหรอ วัสดุชิ้นที่แข็งกว่าย่อมมีการสึกหรอน้อยกว่าวัสดุที่มีความแข็งน้อยกว่าในการกำจัดโลหะทำให้อุณหภูมิบริเวณคมตัดสูงขึ้นจะเป็นการเร่งการสึกหรอบริเวณคมตัด เศษโลหะที่เคลื่อนผ่านบริเวณคมตัดจะทำให้เกิดแรงเฉือนบริเวณผิวสัมผัส ซึ่งสูงพอที่จะทำให้เกิดความเค้นเฉือนสูง เกินกว่าวัสดุที่ทำเครื่องมือตัดจะรับได้จึงเกิดการเฉือนที่เนื้อวัสดุของเครื่องมือตัด นอกจากนี้อาจมีอนุภาคของแข็งที่แปลกปลอมเข้ามา ช่วยทำให้เกิดการสึกหรอมากยิ่งขึ้น เช่น เศษทรายที่ยังติดอยู่บริเวณผิวของชิ้นงานหล่อหรืออนุภาคของแข็งที่ฝังตัวอยู่ในวัสดุชิ้นงาน เป็นต้น

2. การสึกหรอที่เกิดจากการเชื่อมติดหรือยึดติดของเศษโลหะ เศษโลหะที่เชื่อมติดบริเวณคมตัดเกิดขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิในขบวนการกำจัดโลหะที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้เศษโลหะอ่อนตัวลงรวมกับผลของความเสียดทานระหว่างเศษโลหะ กับผิวคายเศษโลหะจึงทำให้เศษโลหะบางส่วนเกิดการเชื่อมติด

หรือเชื่อมติดกับคมตัดและพอกตัวหนาขึ้น เมื่อถึงขนาดหนึ่งจึงแตกออกมา ซึ่งจะทำให้เนื้อวัสดุของเครื่องมือตัดบางส่วนหลุดตามออกมาด้วยการเกิดเศษโลหะเชื่อมติดจะเกิดขึ้นแล้วหลุดออกตลอดเวลาของการกำจัดโลหะ ทำให้เกิดการสึกหรอกับเครื่องมือตัด

3. การสึกหรอจากการแพร่ ผิวสัมผัสที่อุณหภูมิสูงประกอบกับการเสียดสี จะทำให้อะตอมจากวัสดุที่แข็งกว่า สามารถแพร่ไปยังวัสดุที่มีความอ่อนกว่าได้ และในทางตรงข้ามอะตอมจากวัสดุที่อ่อนกว่า ก็สามารถแพร่ไปยังวัสดุที่แข็งกว่าได้เช่นเดียวกัน จะเห็นว่าในกรณีนี้ทำให้วัสดุที่แข็งกว่าเสียคุณสมบัติไป ยังเป็นการเร่งให้เกิดการสึกหรอเพิ่มขึ้น การแพร่นี้อุณหภูมิเป็นองค์ประกอบสำคัญเช่น ในการกำจัดโลหะด้วยเครื่องมือตัดที่ทำจากเหล็กกล้ารอบสูงอัตราการแพร่ จะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าทุก ๆ อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสที่เพิ่มขึ้น

4. การสึกหรอเนื่องจากทำปฏิกิริยากับออกซิเจน อุณหภูมิที่สูงขึ้นในขบวนการกำจัดโลหะ สามารถเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาระหว่างวัสดุทำเครื่องมือตัดกับออกซิเจนในอากาศ ทำให้เครื่องมือตัดเกิดการสึกหรอได้

5. การสึกหรอเนื่องจากอุบัติเหตุจากการกำจัดโลหะ เป็นการสึกหรอของเครื่องมือก่อนเวลาอันควร เช่น เกิดการกระแทกกับเนื้อวัสดุชิ้นงานที่ไม่สม่ำเสมอ หรือ เกิดจากการที่ผู้ปฏิบัติงานป้อนเครื่องมือตัดผิดตำแหน่ง

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ty G. Drawson and Thomas R. Kurfess [15] ได้ศึกษาอายุการใช้งาน อัตราการสึกหรอของเครื่องมือตัดและคุณภาพผิวงานในการกลึงงานแข็งชิ้นงานเป็นเหล็กเพลลา 52100 ความแข็ง 58 –62HRC ใช้รูปแบบในการทดลอง 13 แบบ ซึ่งมีเงื่อนไขที่แตกต่างกัน เครื่องมือที่ใช้เป็น CBN ต่างชนิดผลจากการศึกษาพบว่าที่อัตราป้อนต่ำกว่า 0.05 มม./รอบ จะมีความแปรปรวนของค่าความขรุขระของพื้นผิวมาก แต่หากเพิ่มอัตราป้อนจะทำให้ค่าความขรุขระของพื้นผิวเข้าใกล้ค่าความขรุขระของพื้นผิวทางทฤษฎี มีชนิด low CBN content มีสมรรถนะในการตัดเนื้อวัสดุได้ดีกว่า การเพิ่มความเร็วตัดทำให้อายุการใช้งานของมีดลดน้อยลงมากกว่าการเพิ่มอัตราการป้อนหรือความลึกในการป้อนควรเพิ่มความลึกหรืออัตราป้อนเพื่อให้เกิดเศษมากกว่าการเพิ่มความเร็วตัด

ชินวิชัย ยมาภย์ [24] ได้ศึกษาเรื่อง “การทดสอบการใช้งานของดอกสว่านชนิด Twist Drill ที่มีการปรับปรุงคุณภาพเพื่อเพิ่มอายุการใช้งานและลดพลังงานในการเจาะ ” โดยได้ทำการทดสอบดอกสว่านชนิด Twist Drill แบบธรรมดา Thinned Web และ Double Cone ซึ่งดอกสว่านทั้ง Thinned Web และ Double Cone ทั้ง 2 แบบมีการปรับปรุงคุณภาพของดอกสว่าน สามารถลดพลังงานเจาะได้

จริงนอกจากนี้ยังทำให้อายุการใช้งานสูงกว่าแบบธรรมดา ที่มีสภาวะการตัดเดียวกัน แต่จากผลการทดลองที่ต้นทุนการผลิตต่ำ จะพบว่าดอกสว่านชนิด Twist Drill แบบธรรมดามีความเหมาะสมในการนำมาใช้งานมากที่สุด เพราะค่าใช้จ่ายของต้นทุน การผลิตต่ำสุดเมื่อเทียบกับแบบอื่น ๆ

Lin, T.R., 2002. [25] ได้ศึกษาโดยนำดอกเจาะ Tungsten cabide เคลือบด้วยไททนาเนียมเพื่อเจาะแผ่นแสดงนเลสในการเจาะ ที่ผ่านมอดอกเจาะที่ใช้ในการเจาะทำจากวัสดุ High speed steel(Hss)และระหว่างเจาะก็จะเกิดอุณหภูมิร้อนที่ขึ้นงานเนื่องจากเกิดแรงเหวี่ยงดอกเจาะเสียดทานกับชิ้นงานจึงเป็นสาเหตุให้ดอกเจาะที่ใช้การเจาะที่อลงและมีเศษโลหะติดดอกเจาะผลตามมาผิวรูเจาะไม่เรียบ อายุการใช้งานดอกเจาะเจาะสั้นลง จนกระทั่งมีแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีตามมา Linได้นำดอกเจาะ Tungsten cabide เคลือบด้วยไททนาเนียมเพื่อเจาะแผ่นแสดงนเลส พบว่าการเจาะด้วยความเร็วสูงและอัตราป้อนสูง ทำให้เกิดผิวรูเจาะหยาบและดอกเจาะมีอายุการใช้งานสั้นลง

Cantero, J.L., Tadio, M.M., Canteli, J.A., Marcos, M., Miguelez, M.H. [26] ได้ศึกษาการเจาะแบบแรงเสียดทานที่ดอกเจาะทำด้วย Tungsten Cabide มีความละเอียดมากโดยอัตราส่วนพื้นที่สัมผัสแรงเสียดทานจะถูกขัดด้วยเพชร พบว่ากระบวนการเจาะไม่มีเศษโลหะและไม่มิมลภาวะอาศัยแรงเสียดทานจากความร้อน เวลาใช้ในการเจาะน้อยทำให้เกิดชิ้นงานบาง ๆ ก่อตัวเป็นรูปปลอกโลหะความหนา 3 เท่าความหนาชิ้นงานทำให้พื้นที่สัมผัสยาวขึ้น

S.F. Miller, S.B. McSpadden, H. Wang, R. Li, A.J. Shih. [27] จากศึกษากระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทานบนเครื่อง CNC แบบแนวตั้งกับ Aluminum Al380 โดยใช้ Tungsten Cabide และ Titanium Cabide เป็นเครื่องมือในการเจาะโดยการ Pre-heat ชิ้นงานก่อนเจาะในระดับอุณหภูมิแต่ละระดับคือ 25,100,200,300 องศา ความเร็วรอบเท่ากันคือ 5,000 rpm อัตราการป้อนแต่ละระดับคือ 254,305,356,406 mm/min มีผลต่อแรง(Force) คือถ้าอัตราป้อนต่ำอุณหภูมิชิ้นงานต่ำแรงที่เกิดขึ้นจะสูง แต่ถ้าอุณหภูมิชิ้นงานสูงอัตราป้อนสูงแรงที่เกิดขึ้นจะต่ำ ปัญหาที่พบคือ บริเวณรอบๆรูเจาะเกิดเป็นครีบทกติดกันผิวรูเจาะไม่เรียบขรุขระ ส่วนอุณหภูมิที่ 200 องศา บริเวณรอบๆรูเจาะเกิดเป็นครีบทกไม่ติดกันและครีบทยาว ส่วนอุณหภูมิที่ 300 องศา ครีบทจะแตกชิกขาดเป็นส่วน ๆ

Han-Ming Chow,Shim-Min Lee and Lieh-Dai Yang. [28] ได้ศึกษากระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทาน กับวัสดุ AISI 304 อาศัยความร้อนที่เกิดจากการเสียดสีระหว่างดอกสว่านรูปทรงกรวยหมุนเจาะกับชิ้นงาน จนทะลุชิ้นงานความร้อนที่เกิดขึ้นทำให้ชิ้นงานยุบตัวลงไปและก่อตัวเป็นปลอกโลหะรอบ

รูเจาะชิ้นงาน ซึ่งหนามากกว่า 3 เท่าความหนาชิ้นงาน ปัญหาที่พบคือความเร็วรอบและอัตราป้อนช้ามากหรือเร็วมากกระบวนการเจาะจะมีอุณหภูมิละลายไม่คงที่รอบๆพื้นที่เจาะ มีผลในการเกาะเศษโลหะที่เจาะเกาะบริเวณผิวดอกเจาะเพราะฉะนั้นผิวของรูเจาะจึงมีค่าความหยาบเพิ่มขึ้น

Wen-Chon and Chung-chen Tsao [29] ได้ศึกษาเรื่อง “Cutting performance of different coated twist drills” เป็นการศึกษาการเจาะของดอกสว่านชนิด HSS ที่ผ่านการชุบผิวที่หลากหลายรูปแบบ โดยการทดลองเป็นการหาเหตุผลและเปรียบเทียบแรง ในการตัดและอายุการใช้งานของดอกสว่านซึ่งในการทดลองจะใช้เหล็กคาร์บอนมาตรฐาน JIS SS 400 จากผลลัพธ์ของการทดลองชี้ให้เห็นว่าแรงในการเจาะและแรงบิดในขบวนการเจาะจะมีการแปรผันเล็กน้อย ระหว่างแรงบิดและแรงในการเจาะของดอกสว่าน ภายใต้เงื่อนไขของการเจาะ แม้ว่า ค่าเฉลี่ยของแรงจะนำเชื่อถือและแรงบิดจะเพิ่มขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของอัตราป้อน สำหรับดอกสว่านที่ผ่านการชุบผิว ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของแรงในการเจาะ และแรงบิดที่ลดลงที่อยู่ภายในช่วงแคบของ หัวจับดอกสว่านที่สูงถึง 725 รอบ/นาที ของการทดลองซึ่งจากการทดลองดังกล่าว ได้มีการพัฒนาความกว้างของผิวด้านข้างของดอกสว่านด้วยและจากการชุบผิวของดอกสว่านพบว่าดอกสว่านที่ผ่านการชุบผิวด้วย TiCN มีการสึกหรอที่ผิวด้านข้างน้อยกว่าการชุบผิวแบบอื่นของการเจาะ

R.Heinemann, S.Hinduja,G.Barrow and G.Petueli [30] ได้ศึกษาเรื่อง “Effect of MQL on the tool life of small twist drill in deep-hole drilling” เป็นการศึกษาการเจาะของดอกสว่านขนาดเล็กโดยดูจาก ความลึกของรูเจาะ ที่มีขนาดเล็กการพิจารณาจะดูถึงวัสดุที่ใช้ ในการเจาะที่หลากหลาย ลักษณะการเจาะที่มีน้ำมันหล่อลื่นเป็นตัวหล่อลื่นระหว่างการเจาะ ในการวิจัยนี้จะทำการศึกษาลักษณะ น้ำมันหล่อลื่นและรูปแบบไหนที่ใช้ น้ำมันหล่อลื่นน้อยที่สุด ซึ่งดูจากอายุการใช้งานของดอกสว่านในการทดลองใช้ดอกสว่าน HSS ขนาด 15 มิลลิเมตร ในการเจาะเหล็กกล้าคาร์บอนที่มีความลึก 10 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของดอกสว่านโดยใช้ MQL ในการบันทึกการสังเกต จากการทดลองพบว่า ปริมาณการใช้น้ำมันหล่อลื่นที่ลดลงจะทำให้อายุการใช้งานของดอกสว่านลดลง นอกจากนี้ยังเกิดความร้อนสูงในดอกสว่าน และ สารหล่อลื่นที่มีความหนืดน้อยจะทำให้อายุการใช้งานของดอกสว่าน มีอายุที่ยาวมากขึ้นและในการเจาะของดอกสว่านที่ปราศจากสารหล่อลื่นจะมีผลต่ออายุของดอกสว่าน โดยจะส่งผลให้อายุการใช้งานของดอกสว่านลดลง

S.C.Lin and I.K.Chen [31] ได้ศึกษาเรื่อง “Drilling carbon fiber – reinforced composite material at high speed” เป็นการศึกษาโลหะผสมคาร์บอนไฟเบอร์ในการเจาะที่ความเร็วรอบสูงซึ่งเป็นการหา

ผลลัพธ์ที่เกิดจากการเจาะที่เพิ่มขึ้น ของความเร็วตัดในการทดลองโดยใช้ความเร็วตัดสูงตั้งแต่ 9,550-38,650 รอบ/นาที บนค่าเฉลี่ยของแรงในการเจาะ การสึกหรอของเครื่องมือตัด คุณภาพของชิ้นงานที่ผ่านการเจาะ โดยใช้ดอกสว่านที่เจาะได้หลากหลาย (Multifacet drill) และ ดอกสว่านชนิดเกลียวบิด (Twist drill) ซึ่งรูปแบบของการทดลองจะเพิ่มแรงในการเจาะมีเพียงอัตราการป้อนที่ต่ำและคงที่จากการศึกษาพบว่า

1. ค่าเฉลี่ยของแรงในการเจาะ เพิ่มขึ้นขณะที่ความเร็วตัดเพิ่มขึ้นของ ดอกสว่านทั้งสองชนิด พบว่าดอกสว่านที่เจาะได้หลากหลายมีค่าเฉลี่ยของแรงบิดเพิ่มขึ้นในขณะที่ความเร็วตัดเพิ่มขึ้นแต่ในขณะที่ดอกสว่านชนิดเกลียวบิดมีค่าเฉลี่ยของแรงบิดจะลดลงในขณะที่ความเร็วตัดเพิ่มขึ้น
2. การสึกหรอของเครื่องมือโดยส่วนใหญ่มีผลกระทบมาจาก ความเร็วตัด ความยาวของดอกสว่านนอกจากนี้การสึกหรอของเครื่องมือจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อความเร็วตัดเพิ่มขึ้น
3. ดอกสว่านที่ผ่านการใช้งานมานาน แรงในการเจาะจะต้องเพิ่มขึ้นอย่างมากแต่ก็จะ ไม่ส่งผลต่อคุณภาพของรูที่ผ่านการเจาะเนื่องจากการใช้อัตราการป้อนที่ต่ำ

Wen-Chou Chen and Xiao-Dong Liu [32] ได้ศึกษาเรื่อง “ Study on the various coated twist drill for stainless steels drilling ” เป็นการศึกษาการเจาะของดอกสว่านที่ผ่านการชุบผิวที่หลากหลายในการเจาะบนเหล็กสแตนเลส ขบวนการชุบผิวของดอกสว่านที่ใช้ในการเจาะ การชุบผิวด้วยไทเทเนียมผสมไนโตรเจน (TiN) ไทเทเนียมผสมคาร์บอนและไนโตรเจน (TiCN) เป็นที่นิยมอย่างมากเนื่องจากทำให้ดอกสว่านมีความแข็งแรงมาก การสึกหรอน้อยลง และ มีค่าการเสียดทานระหว่างการเจาะต่ำ โดยแบ่งดอกสว่านออกเป็น 3 ชนิด ดอกสว่านที่ผ่านการชุบผิวด้วยไทเทเนียมผสมไนโตรเจน (TiN surface monolayer) ดอกสว่านที่ผ่านการชุบผิวด้วยไทเทเนียมผสมไนโตรเจนที่หลากหลาย (TiN surface multilayer) ดอกสว่านที่ผ่านการชุบผิวด้วยไทเทเนียมผสมคาร์บอนและไนโตรเจนที่หลากหลาย (TiCN-surface multilayer) จากวัตถุประสงค์ของการทดลองจากการสังเกตและเปรียบเทียบแรงในการเจาะที่ตอบสนองและอายุการใช้งานของดอกสว่านที่ผ่านกระบวนการชุบผิวที่แตกต่างกันบนการเจาะด้วยเหล็กสแตนเลส จากการศึกษาพบว่า

1. การชุบผิวด้วยไทเทเนียมผสมไนโตรเจนที่หลากหลาย มีค่าเฉลี่ยของแรงในการเจาะและแรงบิดน้อยกว่าการชุบผิวด้วยไทเทเนียมผสมไนโตรเจน
2. ค่าเฉลี่ยของแรงในการเจาะและแรงบิดเพิ่มขึ้นจากการเพิ่มขึ้นของอัตราป้อน ตั้งแต่ความเร็วรอบของดอกสว่านเริ่มต้นจนถึงความเร็วรอบ 120 รอบ/นาที แต่ค่าเฉลี่ยของแรงในการเจาะและแรงบิด จะลดลงตั้งแต่ความเร็วรอบ 120-157 รอบ/นาที

3. การสึกหรอของดอกสว่าน (Flank wear) พบว่า ความกว้างของการสึกหรอเพิ่มขึ้นจากจำนวนรอบในการเจาะที่เพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่า ดอกสว่านที่ผ่านการชุบผิวด้วยไทเทเนียมผสมไนโตรเจนที่หลากหลายมีค่าการสึกหรอน้อยที่สุด

Anish Paul, Shiv G. Kapoor and Richard E. DeVor [33] ได้ศึกษาเรื่อง “Chisel edge and cutting lipshape optimization for improved twist drill point design” เป็นการออกแบบและปรับปรุงรูปร่างของคมตัดและคมขวางของดอกสว่านเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าสูงสุด โดยศึกษาความคุ้มค่าสูงสุดของดอกสว่านจากจุดต่างๆ ของดอกสว่านบนรูปทรงเลขาคณิตของดอกสว่าน รูปร่างที่คล้ายกรวยของดอกสว่าน ซึ่งดูจาก แรงในการเจาะที่ใช้ต่ำสุด และ แรงบิดที่ใช้ต่ำสุด พื้นฐานและตัวแปรต่างบนรูปทรงเลขาคณิตของดอกสว่านซึ่งตัวแปรในการเจาะค่าตัวแปรที่กำหนดเป็นไปตามที่บริษัทผู้ผลิตเป็นผู้กำหนดจากการทดลองพบว่า แรงในการเจาะลดลงและแรงบิดของดอกสว่านลดลงในขณะการเจาะเกิดความคุ้มค่าสูงสุด

H. Schmidt, J. Hattel, J. Wert, [34] ได้ศึกษากระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทาน กับวัสดุ MgAz91D ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศา ใช้ความเร็วรอบแต่ละระดับ คือ 3000 , 7000 , 11000 , 15000 rpm โดยอัตราป้อน คงที่ คือ 254 mm/min พบว่าการใช้ความเร็วรอบสูงในกระบวนการเจาะแบบแรงเสียดทาน กับวัสดุ MgAz91D คือความเร็วรอบ 7000 , 1100 , 15000 rpm จะมีครีปปลายรูเจาะมาก ส่วนความเร็วรอบที่ 3000 rpm ปลายรูเจาะจะมีครีบน้อยกว่าและผิวรูจะเรียบกว่า ความเร็วรอบ 7000, 1100 , 15000 rpm ถ้าใช้ความเร็วรอบสูง คือ 15,000 rpm ชิ้นงานอุณหภูมิห้อง 25 องศา พลังงานที่ได้จะต่ำ แต่ถ้าใช้ความเร็วรอบต่ำ คือ 3000 rpm พลังงานที่เกิดขึ้นจะสูง แรงเหวี่ยงและแรงบิดก็สูงด้วย ส่วนการให้ความร้อนชิ้นงานสูงและความเร็วรอบสูง คือ 300 องศา และ 5500 rpm ก็มีผลทำให้แรงเหวี่ยงและแรงบิดก็ต่ำเช่นกัน